



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Off nl gungsschrift**  
⑩ **DE 100 09 539 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**G 06 K 9/78**  
G 07 C 9/00

②1 Aktenzeichen: 100 09 539.9  
②2 Anmeldetag: 29. 2. 2000  
④3 Offenlegungstag: 20. 9. 2001

DE 100 09 539 A 1

⑦1 Anmelder:  
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Epping, Hermann & Fischer, 80339 München

⑦2 Erfinder:  
Jung, Stefan, Dipl.-Ing., 80469 München, DE; Lorch,  
Henning, 59174 Kamen, DE; Haselsteiner, Ernst,  
Dipl.-Ing., Graz, AT; Wirtz, Brigitte, Dr.rer.nat., 83607  
Holzkirchen, DE

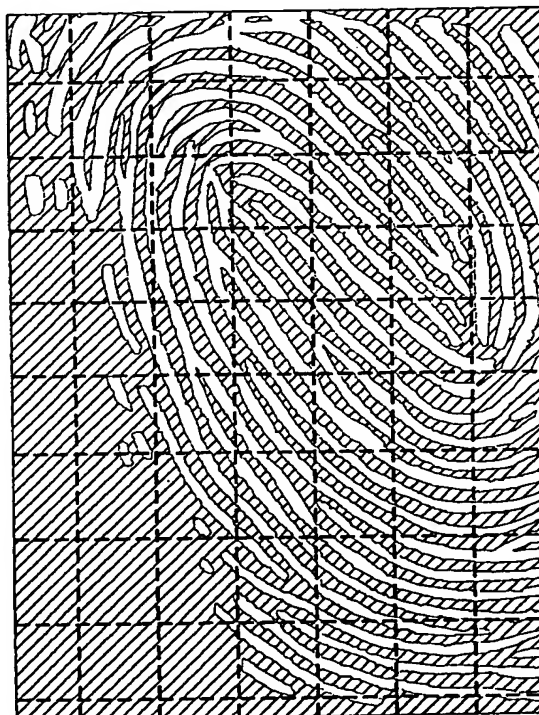
⑤6 Entgegenhaltungen:  
EP 01 73 972 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Analyse von Fingerabdruckbildern

⑤7 Während ein Finger auf einen elektronischen Fingerabdrucksensor aufgelegt wird, wird in sehr kurzen Zeitabständen eine Sequenz von Bildern aufgenommen, aus deren Veränderungen ein Kriterium für eine Lebenderkennung gewonnen wird. Die Bilder werden als Bildpunktraster mit unterschiedlichen Grauwerten bestimmt, anhand derer den Bildpunkten binäre Werte Null und Eins zugewiesen werden. Signifikante Änderungen dieser Werte werden erfasst und anhand daraus ermittelter Kennzahlen oder dergleichen mit bekannten typischen Änderungen, die in einer bestimmten Bildklasse regelmäßig auftreten, verglichen.



DE 100 09 539 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Analyse von elektronisch erzeugten Fingerabdruckbildern, mit dem es insbesondere möglich ist, Original-Bilder lebender Finger von Fälschungen zu unterscheiden.

Biometrische Verfahren für die Personenerkennung können in automatisierten Systemen implementiert werden. Solche Systeme verarbeiten die Eingabedaten, die die biometrischen Merkmale enthalten, und extrahieren charakteristische Merkmale, die anschließend einer Person im wesentlichen eindeutig zugeordnet werden können. Für eine zuverlässige Identifizierung ist jedoch sicherzustellen, dass die Messeinrichtung oder Bildaufnahmeeinrichtung nicht manipuliert werden kann. Bei einer Erkennung von Fingerabdrücken anhand eines elektronisch arbeitenden Fingerabdrucksensors ist es erforderlich, ein Fingerabdruckbild, das von einem lebenden aufliegenden Finger stammt, von einem von einem Fälschungsversuch herrührenden Bild unterscheiden zu können. Es gibt eine Reihe von Vorschlägen, mit denen ein lebender Finger anhand von biologischen Eigenschaften (Temperatur, Blutdruck, elektrischer Hautwiderstand, Auflagedruck, Erfassung der durch Schweißabsonderung hervorgerufenen Feuchtigkeit oder dergleichen) von einem toten Finger oder von einem Fingerimitat unterschieden werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Analyse von elektronisch erzeugten Fingerabdruckbildern anzugeben, mit dem insbesondere eine Lebenderkennung ohne zusätzlichen Aufwand durchgeführt werden kann.

Diese Aufgabe wird mit dem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden das von einem Fingerabdrucksensor erzeugte Fingerabdruckbild und dessen zeitliche Veränderungen verwendet, um eine dynamische Analyse des Fingerabdruckbildes durchzuführen. Während ein Fingerabdruck mittels eines Fingerabdrucksensors erfasst wird, vorzugsweise während ein Finger auf den Sensor aufgelegt wird, wird in sehr kurzen Zeitabständen eine Sequenz von einzelnen Fingerabdruckbildern aufgenommen, deren Unterschiede erfasst werden, und aus dieser dynamischen Veränderung ein Kriterium gewonnen oder eine spezielle Größe berechnet, mit der die Veränderung des Bildes beim Auflegen eines echten, lebenden Fingers von der Veränderung der Bilder beim Auflegen einer Fälschung unterschieden werden kann. Die Fingerabdruckbilder werden dazu von einem elektronisch arbeitenden Fingerabdrucksensor als Bitmap eines Rasters von Bildpunkten mit unterschiedlichen Grauwerten bestimmt, die dann binariert wird.

In der beigefügten Figur sind die Schwarzweiß-Konturen eines typischen Fingerabdruckbildes dargestellt, in dem die Stege und Furchen der Hautoberfläche gut erkennbar sind. Je nach dem Auflösungsvermögen des verwendeten Fingerabdrucksensors können insbesondere die Ränder der Fingerabdrucklinien unterschiedliche Graustufungen aufweisen, die in der Figur nicht wiedergegeben sind. Das Bild ist zusammengesetzt aus einer Vielzahl kleiner Bildpunkte (Pixel), die vorzugsweise Abmessungen deutlich unterhalb der Linienbreite aufweisen. In der Figur sind durch die breiten gestrichelten Linien Unterteilungen des Bildes in größere Blöcke gegeben, in denen jeweils eine Vielzahl von einzelnen Bildpunkten liegt.

Ein derartiges Fingerabdruckbild ergibt sich mit einem Fingerabdrucksensor, wenn eine Fingerbeere auf einer dafür vorgesehenen Auflagefläche, in der das Bild erfasst wird,

aufliegt. Wenn der Finger aufgelegt wird, ist allerdings zunächst nicht die gesamte Hautoberfläche, die den Fingerabdruck bildet, mit dieser Auflagefläche in Berührung, und der typische Anpressdruck beim Aufliegen der Fingerbeere auf dem Sensor ist noch nicht erreicht. Wird eine Sequenz von Fingerabdruckbildern während des Auflegens des Fingers auf den Sensor aufgenommen, so unterscheiden sich diese Bilder in der Regel voneinander; von Bild zu Bild wird der Fingerabdruck zunächst zunehmend deutlicher und dunkler ausgebildet. Aufgrund der unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften lassen sich für diese Bildsequenz unterschiedliche charakteristische Merkmale beobachten je nachdem, ob ein lebender Finger oder ein Fingerimitat aufgelegt wird. Das erfindungsgemäße Analyseverfahren untersucht diese Merkmale und gestattet es, daraus eine Lebenderkennung abzuleiten.

Es folgt eine Beschreibung der derzeit bevorzugten Ausführungsformen des Verfahrens. Eine Bildsequenz aus einer Anzahl  $n$  von Bildern  $B_i$  wird in kurzen zeitlichen Abständen aufgenommen, während eine Probe, beispielsweise eine Fingerbeere, auf den Fingerabdrucksensor aufgelegt wird. Eine solche Sequenz kann mit einem Fingerabdrucksensor mit ausreichend hoher Bildrate (Bildfolgefrequenz) aufgezeichnet werden. Das Fingerabdruckbild ist in einzelne Bildpunkte gerastert. Da die Bildpunkte eine unterschiedliche Helligkeit aufweisen, kann jedem Bildpunkt ein Grauwert zugeordnet werden. Ein mit solchen Grauwerten versehenes Bild kann in ein reines Schwarzweißbild digitalisiert werden, indem festgestellt wird, welche Bildpunkte einen Grauwert oberhalb einer bestimmten Schwelle aufweisen. Diese Bildpunkte erhalten dann eine binäre Eins zugewiesen, während die übrigen Bildpunkte eine binäre Null erhalten. Das erste Bild einer Folge besteht dann typischerweise aus lauter binären Nullen, wenn zum Zeitpunkt der Aufnahme der Finger noch von dem Fingerabdrucksensor entfernt war. Das letzte aufgenommene Bild erscheint dann etwa in der reinen Schwarzweißstrukturierung der beigefügten Figur.

Wesentlich für das erfindungsgemäße Analyseverfahren ist es, dass zu jedem in der angegebenen Weise binarisierten Bild die Anzahl  $n_i$  der auf Eins gesetzten Bildpunkte bestimmt wird. Es werden zu diesen Anzahlen die Differenzen aufeinander folgender Anzahlen bestimmt:  $d_i = n_i - n_{i-1}$ . Vorzugsweise wird außerdem die Anzahl  $n_{edge,i}$  derjenigen Bildpunkte ermittelt, die in einem Bild  $B_i$  erstmals auf Eins gesetzt wurden (d. h. die in dem vorhergehenden Bild  $B_{i-1}$  noch auf Null gesetzt waren) und die außerdem benachbart zu einem in dem vorhergehenden Bild bereits auf Eins gesetzten Bildpunkt liegen (neue Randpunkte). Diese neuen Randpunkte entstehen bei einer Sequenz aus Fälschungsbildern vorwiegend in Verlängerung der Fingerrillen. Vorzugsweise wird für das letzte aufgenommene Bild  $B_n$  die Gesamtanzahl  $n_{ridge}$  derjenigen auf Eins gesetzten Bildpunkte ermittelt, die längs der in dem Bild wiedergegebenen Fingerlinien oder längs fiktiver Mittellinien dieser Fingerlinien (eindimensional) aufeinander folgen oder längs entsprechender Mittellinien, die rechnerisch durch ein Ausdünnen der im Bild durch die auf Eins gesetzten Bildpunkte wiedergegebenen Fingerlinien auf (eindimensionale) Kurven erzeugt werden.

Eine besonders einfache und zweckmäßige Ausgestaltung des Analyseverfahrens ergibt sich, wenn die Bildsequenz so ausgewertet wird, dass diejenigen speziellen Bilder bestimmt werden, bei denen das Verhältnis der Differenz  $d_i$  der in zwei aufeinander folgenden Bildern auf Eins gesetzten Bildpunkte zu einer dieser Anzahlen  $n_{i-1}$  bzw.  $n_i$  einen bestimmten vorgegebenen Schwellenwert überschreitet. Damit werden diejenigen Bilder bestimmt, in denen eine

deutliche Zunahme der Grauwerte gegenüber dem jeweils vorhergehenden Bild festzustellen ist. Diese speziellen Bilder werden überlagert, indem die Nullen und Einsen, die den Bildpunkten zugeordnet worden sind, in herkömmlicher Weise addiert werden, so dass ein Bild mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Graustufen entsteht. Die Graustufe eines Bildpunktes in dem addierten Bild gibt somit den Zeitpunkt innerhalb der Bildsequenz an, an dem der betreffende Bildpunkt eine ausreichende Schwärzung erhielt, um auf Eins gesetzt zu werden.

Aus der Verteilung dieser Grauwerte in dem addierten Bild läßt sich entnehmen, ob dieses Bild aus einer Bildsequenz entstanden ist, die zum Auflegen eines echten, lebenden Fingers gehört. Während bei einem von einem lebenden Finger stammenden Bild eine gleichmäßige Verteilung der Grauwerte zu beobachten ist (d. h. die Ränder der geschwärzten Bereiche sind im zeitlichen Verlauf zunächst schwach ausgeprägt und wachsen dann gleichmäßig in alle Richtungen), läßt sich bei einem mit einem Imitat erzeugten Bild eine ungleichmäßige Grauwertverteilung feststellen (d. h. ein Wachstum der Grauwerte hat in erster Linie längs der imitierten Fingerlinien stattgefunden).

Wenn dieses Erkennungsverfahren automatisiert werden soll, kann beispielsweise eine Einteilung des Bildbereiches in einzelne Bildblöcke entsprechend den in der Figur eingezeichneten breiten gestrichelten Linien vorgenommen werden. In jedem dieser Blöcke wird dann ein Maß für den Grauwertanteil und die Grauwertverteilung berechnet. Zu diesem Zweck wird in jedem Block  $b_j$  der Mittelwert  $\mu_j$  der Grauwerte der in diesem Block enthaltenen Bildpunkte sowie die Streuung der Grauwerte um diesen Mittelwert als Standardabweichung  $\sigma_j$  berechnet. Für die Gesamtheit aller Blöcke  $b_j$  können dann der Mittelwert  $\mu(\dots \sigma_j \dots)$  dieser Standardabweichungen und die Streuung der Mittelwerte der Grauwerte in den einzelnen Blöcken als Standardabweichung  $\sigma(\dots \mu_j \dots)$  berechnet werden. Bei einer Wahl der Kantenlänge der Blöcke von etwa einer Periodenlänge des durch die Rillen und Furchen gegebenen Musters ergibt sich für einen echten Finger eine relativ hohe mittlere Streuung der Grauwerte innerhalb der Blöcke, aber aufgrund der gleichmäßigen Verteilung nur eine geringe Streuung der Mittelwerte über alle Blöcke. Bei einer Fälschung (Fingerimitat) ist ein entgegengesetztes Verhalten zu beobachten. In dem betrachteten Fall ist also beispielsweise der Quotient  $\mu(\dots \sigma_j \dots) / \sigma(\dots \mu_j \dots)$  ein geeignetes Kriterium für die Einteilung in Original- und Fälschungsbilder.

Die beschriebene Variante ist ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel. Es ist auch möglich, statt der speziellen Bilder, in denen sich ein wesentliches Anwachsen der Grauwerte gegenüber dem vorhergehenden Bild feststellen ließ, die gesamte Bildsequenz heranzuziehen oder eine andere Auswahl von Bildern aus dieser Sequenz, um durch eine Überlagerung das besagte Grauwertbild zu erzeugen. Eine weitere Möglichkeit liegt darin, die speziellen Anzahlen  $n_{edge,i}$  zur Einteilung in Original- und Fälschungsbilder heranzuziehen. In typischen Originalbildern ist nämlich das Verhältnis der oben angegebenen Differenzen  $d_i$  zu  $n_{edge,i}$  relativ klein (sehr viele der neu auf Eins gesetzten Bildpunkte tragen zum Wachstum der geschwärzten Bereiche am Rand bei), wohingegen bei einer typischen Fälschung nur relativ wenige Randpunkte dunkel werden. Da die absoluten Zahlen für die Summe der  $n_{edge,i}$  von Bildsequenz zu Bildsequenz schwanken, ist eine Normierung auf den oben definierten Wert  $n_{ridge}$  sowie eventuell auf die gesamte effektive Sequenzlänge (Anzahl der Bilder mit signifikantem Anstieg der Schwärzung) sinnvoll.

Wesentlich für das erfindungsgemäße Verfahren zur Analyse der Fingerabdruckbilder ist die Auswertung einer Folge

von Bildern, die in sehr kurzen zeitlichen Abständen nacheinander bei der Entstehung des eigentlichen Fingerabdruckes aufgenommen werden und jeweils anhand eines Schwellenwertes für den Grauwert binarisiert werden. Das Abzählen der Anzahl von Bildpunkten mit Änderungen gegenüber dem vorhergehenden Bild dient vorzugsweise dazu, die relevanten Bilder aus dieser Sequenz auszufiltern. Die als relevant eingestuften Bilder können dann einer Analyse zugeführt werden, z. B. der beschriebenen Analyse der Grauwertverteilung in dem überlagerten Bild, mit deren Hilfe zwischen Original und Fälschung anhand von statistisch erfassten Merkmalen unterschieden werden kann. Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Möglichkeit, dieses Verfahren mittels elektronischer Schaltungen vollständig zu automatisieren.

#### Patentansprüche

##### 1. Verfahren zur Analyse von elektronisch erzeugten Fingerabdruckbildern, bei dem

- a) während ein Fingerabdruck mittels eines Fingerabdrucksensors erfasst wird, mehrere in Bildpunkte unterteilte Fingerabdruckbilder  $B_i$  in zeitlicher Aufeinanderfolge erzeugt werden,
- b) die Anzahl  $n_i$  der Bildpunkte, die einen Grauwert (Schwärzung) aufweisen, der einen vorgegebenen Wert überschreitet, zu jedem Fingerabdruckbild  $B_i$  festgestellt und gespeichert wird und
- c) die Differenzen  $d_i = n_i - n_{i-1}$  dieser Anzahlen  $n_i$  für zeitlich aufeinanderfolgend erzeugte Fingerabdruckbilder ermittelt und gespeichert werden.

##### 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem

- d) zu jedem in Schritt b erzeugten Fingerabdruckbild die spezielle Anzahl  $n_{edge,i}$  der Bildpunkte festgestellt wird, die den vorgegebenen Grauwert in dem betreffenden Fingerabdruckbild  $B_i$  erstmals überschreiten und benachbart zu Bildpunkten liegen, die den vorgegebenen Grauwert in dem vorhergehenden Fingerabdruckbild  $B_{i-1}$  bereits überschritten, und
- e) die in Schritt c aus Anzahlen  $n_{i-1}$ ,  $n_i$  ermittelten Differenzen  $d_i$  in das jeweilige Verhältnis  $d_i / n_{edge,i-1}$  oder  $d_i / n_{edge,i}$  zu einer der beiden zugehörigen speziellen Anzahlen  $n_{edge,i-1}$  bzw.  $n_{edge,i}$  gesetzt werden.

##### 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem

- f) für ein letztes aufgenommenes Fingerabdruckbild die Anzahl  $n_{ridge}$  der Bildpunkte ermittelt wird, die den vorgegebenen Grauwert überschreiten und die längs in dem Fingerabdruckbild wiedergegebener Fingerlinien oder längs fiktiver Mittellinien dieser Fingerlinien aufeinander folgen oder längs entsprechender Mittellinien, die rechnerisch durch ein Ausdünnen der Fingerlinien zu Kurven erzeugt werden, und die speziellen Anzahlen  $n_{edge,i}$  mittels einer Division durch diese Anzahl  $n_{ridge}$  normiert werden.

##### 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem

- g) diejenigen speziellen Fingerabdruckbilder  $B_{grow,i}$  bestimmt werden, für die das Verhältnis  $d_i / n_i$  oder das Verhältnis  $d_i / n_{i-1}$  eine vorgegebene Schwelle überschreitet.

##### 5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem

- h) die in Schritt g bestimmten speziellen Fingerabdruckbilder  $B_{grow,i}$  durch Addition in ein Bild mit Grauwertabstufungen überführt werden.

##### 6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem

i) das in Schritt h erzeugte Bild in Blöcke  $b_j$  unterteilt wird,  
in jedem Block ein Mittelwert  $\mu_j$  der Grauwerte und eine Streuung der Grauwerte um diesen Mittelwert als Standardabweichung  $\sigma_j$  ermittelt wird und  
der Quotient  $\mu(\dots\sigma_j\dots)/\sigma(\dots\mu_j\dots)$  aus dem Mittelwert  $\mu(\dots\sigma_j\dots)$  dieser Standardabweichungen über alle Blöcke und der Streuung der Mittelwerte  $\mu_j$  der Grauwerte in den jeweiligen Blöcken  $b_j$  als Standardabweichung  $\sigma(\dots\mu_j\dots)$  gebildet wird, um anhand dieses Quotienten ein Fingerabdruckbild eines lebenden Fingers von einem gefälschten Bild zu unterscheiden.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

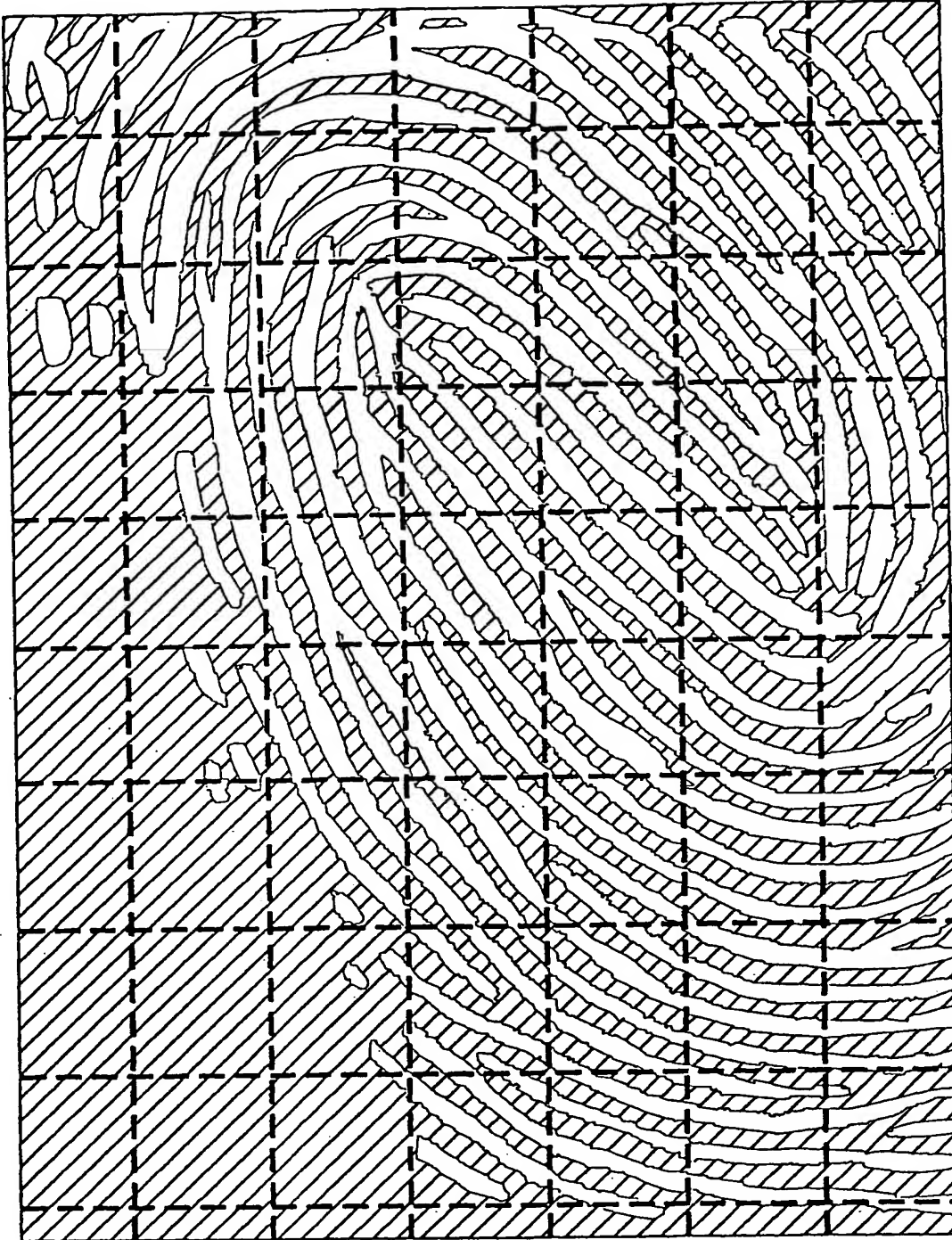
50

55

60

65

- Leerseite -



**Method for analyzing fingerprint images**

Patent Number: US2003035571  
Publication date: 2003-02-20  
Inventor(s): HASELSTEINER ERNST (AT); JUNG STEFAN (DE); LORCH HENNING (DE);  
WIRTZ BRIGITTE (DE)  
Applicant(s):  
Requested Patent: DE10009539  
Application  
Number: US20020231784 20020829  
Priority Number  
(s): DE20001009539 20000229; WO2001DE00654 20010220  
IPC Classification: G06K9/00  
EC Classification: G06K9/00A1  
Equivalents: EP1259931, TW504654, WO0165470

---

**Abstract**

---

A method for analyzing fingerprint images includes picking up a sequence of images at very short time intervals, while a finger is being placed onto an electronic fingerprint sensor. A criterion for recognizing a live finger is extracted from variations in the images. The images are defined as a pixel raster having different gray values, with the aid of which the pixels are assigned binary values of zero or one. Significant changes in the values are detected and compared, with the aid of distinctive numbers or the like, to known typical changes that occur regularly in a particular image class

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2